

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-274426

(43)Date of publication of application : 22.10.1993

(51)Int.Cl.

G06F 15/66
G06F 15/68

(21)Application number : 04-068295

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 26.03.1992

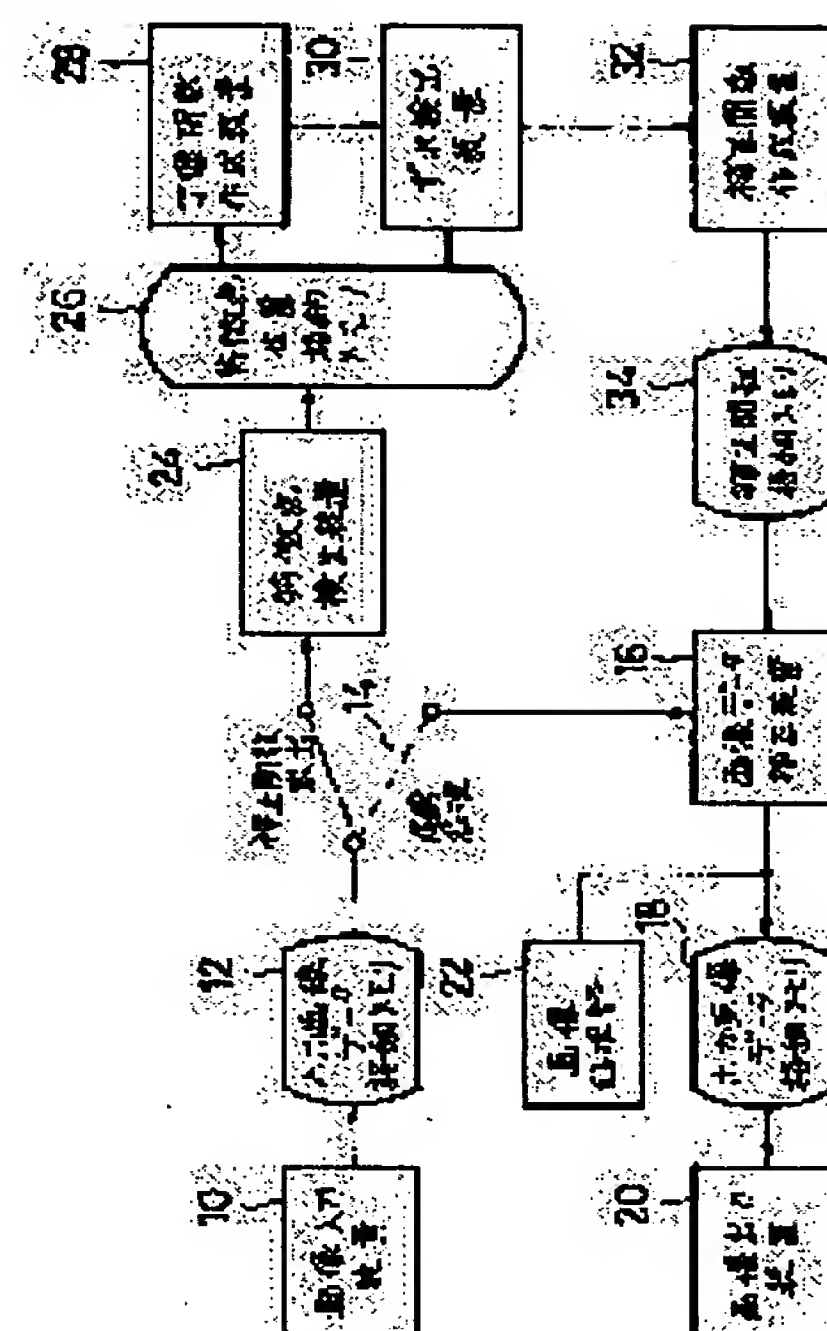
(72)Inventor : HIRONO HIDEO
TAKAHASHI HIRONOBU

(54) IMAGE PROCESSOR AND DISTORTION CORRECTING METHOD OF IMAGE PROCESSOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a correction function for correcting distortion from image data.

CONSTITUTION: A checkered characteristic pattern is picked up by an image input device 10 and feature points (intersection) are detected from the image pickup data. A mapping function obtained when a pinhole camera is used as a television camera is generated from an array of feature points nearby the center and the position on a screen. The reference position of the feature points as to the whole screen is calculated from the mapping function and compared with the actual position on the screen to calculate the correction function, which is stored in a correction function generating device 32. Then, the input image is normally corrected with the correction function and outputted to an image output device 20.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

06.07.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's
decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2940736

[Date of registration]

18.06.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2940736号

(45)発行日 平成11年(1999) 8月25日

(24)登録日 平成11年(1999) 6月18日

(51)Int.Cl.⁹

識別記号

F I

G 0 6 T 3/00

G 0 6 F 15/66

3 6 0

請求項の数 3 (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平4-68295

(22)出願日 平成4年(1992) 3月26日

(65)公開番号 特開平5-274426

(43)公開日 平成5年(1993)10月22日

審査請求日 平成10年(1998) 7月6日

(73)特許権者 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72)発明者 廣野 英雄

大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三

洋電機株式会社内

(72)発明者 高橋 裕信

大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三

洋電機株式会社内

(74)代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

審査官 後藤 彰

(56)参考文献 特開 平4-220511 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁹, D B名)

G06T 3/00 - 3/60

H04N 17/00 - 17/06

(54)【発明の名称】 画像処理装置及びこの画像処理装置における歪み補正方法

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 撮像装置によつて得た撮像データ中の画像の歪みを補正する画像処理装置における歪み補正方法であつて、

特徴点の配置が既知である校正用パターンの撮像データから特徴点を抽出する特徴点抽出工程と、

この特徴点抽出手段によつて得られた撮像データ中における中央付近の所定数の特徴点の位置と、校正用パターンについてのデータとに基づいて、撮像装置をピンホールカメラと仮定して、両者の関係を示す写像関数を写像関数算出手段において算出する写像関数算出工程と、

この写像関数算出手段によつて得た写像関数を用い、撮像データのほぼ全域の特徴点の撮像データ中における基準位置を基準位置算出手段において算出する基準位置算出工程と、

2

この基準位置算出手段によつて得られた特徴点の位置と、画像データ中の特徴点の位置とに基づいて、特徴点の位置を補正するための補正関数を算出する補正関数算出工程と、

この補正関数算出工程で算出された補正関数に基づいて補正された撮像データを画像出力手段に出力する画像出力工程と、

を有し、この補正関数を撮像データの歪み補正に用いることを特徴とする歪み補正方法。

【請求項2】 撮像装置によつて得た撮像データ中の画像の歪みを補正する画像処理装置における歪み補正関数算出方法であつて、

市松模様のパターンを有し、パターン中における交点の配置が既知である校正用パターンについての撮像データから交点位置を特徴点として抽出する特徴点抽出工程

と、
 この特徴点抽出手段によつて得られた特徴点の位置と、
 校正用パターンについてのデータとに基づいて、特徴点
 の位置を補正するための補正関数を算出する補正関数算
 出工程と、
 を含み、補正関数算出工程によつて得られた補正関数
 を用いて、撮像データの歪みを補正する歪み補正方法であ
 つて、
 上記特徴点算出工程は、
 処理対象位置を含む周辺の撮像データについての演算手
 段を定めるテンプレートを利用して各処理対象位置ごと
 の評価値を算出し、
 この評価値から算出した周辺の撮像データの変化状態か
 らパターンの境界線を算出し、
 この境界線の交点から特徴点の位置を算出することを特
 徴とする歪み補正方法。
 【請求項 3】 撮像装置によつて得た撮像データから画
 像の歪みを補正する画像歪み補正装置であつて、
 特徴点の配置が既知である校正用パターンの撮像データ
 から特徴点を抽出し、得られた特徴点のうち撮像データ
 中の中央付近のものの位置と、校正用パターンについて
 のデータとに基づいて、撮像装置をピンホールカメラと
 仮定した写像関数を算出し、得られた写像関数を用い、
 撮像データのほぼ全域の特徴点の撮像データ中の基準位
 置を算出し、得られた特徴点の基準位置と、画像データ
 中の特徴点の位置とに基づいて得た、撮像データを補正
するための補正関数を記憶する補正関数記憶部と、
この補正関数記憶部から読み出した補正関数を用いて撮
像データを補正する補正手段と、
上記補正手段によつて補正された撮像データを出力する
画像出力手段と、
 を有することを特徴とする画像歪み補正装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、撮像装置により得た撮
 像データを処理して歪みのない画像を得る画像処理に関
 する。

【0002】

【従来の技術】従来より、CCDカメラなどの撮像装置
 によつて対象物体、周囲の状況を撮影することが行われ
 ており、得られた撮像データを処理して、物体の位置を
 検出することが行われている。特に、一般的な環境内
 で、自ら状況を判断しながら自立的に行動する知能ロボ
 ットにおいては、3次元の視覚が重要であり、撮像装置
 によつて得た撮像データから物体の3次元位置を正確に
 認識することが望まれている。

【0003】特に、CCDカメラの利用により、それま
 での撮像管を利用した場合に比較し、画像の歪みが大幅
 に減少され、歪みのない正確な画像が得られるようにな
 ってきている。そこで、得られた撮像データの処理によ

つて、かなり正確な物体の位置認識ができるようになって
 きている。すなわち、CCDカメラなどを用いたデジ
 タル画像を透視変換としてモデル化することにより、物
 体の位置を認識することができる。

【0004】しかし、CCDカメラで得たデジタル画像
 も、実際には様々な要因による歪みが在り、透視変換と
 みなしたモデルは、正確ではない。そこで、従来より、
 撮像データから3次元位置を検出する際に、撮像データ
 について各種の補正を行い、検出の精度を改善すること
 が提案されている。

【0005】例えば、学術刊行物「情報処理学会研究報
 告 Vol. 92, No. 7 p. 115~118 1
 992年1月：小野寺 他」には、カメラの光軸に対し
 て直交するように設置された平板上に描かれた格子パタ
 ーンを撮像装置によつて撮影し、撮像データを補正する
 ことが示されている。すなわち、この例では、レンズの
 収差に起因する歪みを補正することを目的としており、
 この歪みの特性を考慮して適当な補正関数を定義する。
 そして、画素毎の撮像データとあらかじめ3次元空間中
 での位置関係がわかっている格子パターンの比較および
 格子パターンの境界が直線であることに基づいて補正関
 数に係数を求める。そして、この補正関数を利用して、
 撮像データを補正している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】このように3次元空間
 中での位置と画像中に撮像された位置の関係をj用いて画
 像の歪みを補正することができ、物体の位置の認識など
 をより正確にすることができる。しかし、上述の例を含
 め従来の手法では対象とする格子パターン等を撮像装置
 に対して既知の位置に設置する必要があり、実際には撮
 像装置の光軸の変動などにより、正確に設置することが
 困難である。そのためこの手法では正確に補正できない
 という問題点があった。

【0007】本発明は、上記課題に鑑み正確な画像歪み
 の補正を行うことができる方法、装置を得ることを目的
 とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、撮像装置によ
 つて得た撮像データ中の画像の歪みを補正する画像処理
 装置における歪み補正方法であつて、特徴点の配置が既
 知である校正用パターンの撮像データから特徴点を抽出
 する特徴点抽出工程と、この特徴点抽出手段によつて得
 られた撮像データ中における中央付近の所定数の特徴点
 の位置と、校正用パターンについてのデータとに基づい
 て、撮像装置をピンホールカメラと仮定して、両者の関
 係を示す写像関数を写像関数算出手段において算出する
 写像関数算出工程と、この写像関数算出手段によつて得
 た写像関数を用い、撮像データのほぼ全域の特徴点の撮
 像データ中における基準位置を基準位置算出手段におい
 て算出する基準位置算出工程と、この基準位置算出手段

によつて得られた特徴点の位置と、画像データ中の特徴点の位置とに基づいて、特徴点の位置を補正するための補正関数を算出する補正関数算出工程と、この補正関数算出工程で算出された補正関数に基づいて補正された撮像データを画像出力手段に出力する画像出力工程と、を有し、この補正関数を撮像データの歪み補正に用いることを特徴とする。

【0009】また、本発明は、撮像装置によつて得た撮像データ中の画像の歪みを補正する画像処理装置における歪み補正関数算出方法であつて、市松模様のパターンを有し、パターン中における交点の配置が既知である校正用パターンについての撮像データから交点位置を特徴点として抽出する特徴点抽出工程と、この特徴点抽出手段によつて得られた特徴点の位置と、校正用パターンについてのデータとに基づいて、特徴点の位置を補正するための補正関数を算出する補正関数算出工程と、を含み、補正関数算出工程によつて得られた補正関数を用いて、撮像データの歪みを補正する歪み補正方法であつて、上記特徴点算出工程は、処理対象位置を含む周辺の撮像データについての演算手段を定めるテンプレートを

20 利用して各処理対象位置ごとの評価値を算出し、この評価値から算出した周辺の撮像データの変化状態からパターンの境界線を算出し、この境界線の交点から特徴点の位置を算出することを特徴とする。

【0010】更に、本発明は、撮像装置によつて得た撮像データから画像の歪みを補正する画像歪み補正装置であつて、特徴点の配置が既知である校正用パターンの撮像データから特徴点を抽出し、得られた特徴点のうち撮像データ中の中央付近のものの位置と、校正用パターンについてのデータとに基づいて、撮像装置をピンホール

カメラと仮定した写像関数を算出し、得られた写像関数を用い、撮像データのほぼ全域の特徴点の撮像データ中の基準位置を算出し、得られた特徴点の基準位置と、画像データ中の特徴点の位置とに基づいて得た、撮像データを補正するための補正関数を記憶する補正関数記憶部と、この補正関数記憶部から読み出した補正関数を用いて撮像データを補正する補正手段と、上記補正手段によつて補正された撮像データを出力する画像出力手段と、を有することを特徴とする。

【0011】

【作用】このように、本発明によれば、特徴点の配列が定まっている校正パターンを描いた平板の撮像データから抽出した画面上の特徴点配置と、実際の画面における位置の比較により、カメラをピンホールカメラと仮定した場合に写像関数を得る。この手法では写像関数を求めているので、校正パターンを描いた平板を任意の位置においても適用可能であり、カメラと平板の位置関係を他の手段によつて求める必要がない。

【0012】本手法では、画面の全体もしくは一部分のデータのみを用いて写像関数を求め、それに適合するよ

うに補正できる。しかし画像の補正前と補正後の画像がよく一致する写像関数を用いれば、位置の補正量が少なく、画面からはみ出しや、縮みによる辺縁部での欠損が減少し、望ましい効果が得られる。そこで本手法では、画面の中央付近のデータは歪みが小さい場合が多く、ピンホールカメラから得られた画像とよく一致する性質を利用して、中央付近のデータを用いて写像関数を得る。

【0013】次に、この写像関数を利用して、画面全体の特徴点の基準的位置を算出する。そして、この基準位置と、実際の画面上の位置の比較から、補正関数を算出する。このため、単に画面上の位置から画像の歪みを補正する場合に比べ、適切な補正関数を算出することができ

る。【0014】さらに、本発明によれば、特徴点の検出の際に、画素毎の処理だけでなく、画素データの変化状態からパターンの境界線を検出し、この境界線の状態に応じて、特徴点を検出する。このため、単なる画素毎の処理に比べ、正確な特徴点の位置検出を行うことができる。

【0015】また、このようにして、得た補正関数を利用して、撮像データの補正を行うため、歪みのない画像を得ることができ、画像処理によれば、好適な位置検出などを行うことができ、ロボット等における環境状態の計測の精度を向上することができる。

【0016】

【実施例】以下、本発明の実施例について、図面に基づいて説明する。

【0017】図1は、本発明に係る位置検出装置の全体構成を示すブロック図である。画像入力装置10は、例えばCCDカメラなどで構成され、画素毎の輝度信号として得られるアナログ映像信号をA/Dコンバータによりデジタル信号に変換して出力する。画像入力装置10からのデータは入力画像データ格納メモリ12に供給され、通常の場合1フレーム（1画面）分ここに記憶される。

【0018】そして、ここから読み出された画像データは、スイッチ14を介し画像データ補正装置16に供給される。この画像データ補正装置16は予め補正関数を記憶しており、入力画像データ格納メモリ12から供給される画素毎の画像データを補正関数を用いて補正し、これを出力画像データ格納メモリ18に供給する。この出力画像データ格納メモリ18は、1フレーム分の画像データを記憶するものであり、ここに記憶されているデータを順次読み出し、画像出力装置20に供給する。この画像出力装置20は、例えばCRTで構成され、出力画像データ格納メモリ18に記憶されている画像データに応じた表示を行う。通常の場合、出力画像データ格納メモリ18に記憶されているデータを垂直同期信号及び

水平同期信号に同期して読み出しD/Aコンバータを介し、所定のビデオ信号に変換し、CRTに出力する。これによって、画像出力装置20において、画像の歪みが補正された表示が行われる。

【0019】また、画像データ補正装置16には、画像処理部22も接続されている。この画像処理部22は、画像データ補正装置16によって補正された画像データに基づき各種の画像処理（例えばパターン認識）などを行い、画像データ中の対象物の形状認識や、その対象物までの位置測定などを行う。ここで、この位置測定は、

画像入力装置10を2つ用意し、2つの画像入力装置10からの入力画像データの処理から三角法などによって検出すると良い。

【0020】一方、スイッチ14には、特徴点検出装置24が接続されている。そこで、スイッチ14を切換えることにより、入力画像データ格納メモリ12に格納されている画像データは、特徴点検出装置24にも供給することができる。すなわち、スイッチ14は、通常の画像処理、画像の出力を行う場合には入力画像データを画像データ補正装置16に供給し、画像データ補正装置16における補正関数を算出する際（例えば初期設定時）には入力画像データを特徴点検出装置24に供給するように切換えられる。

【0021】特徴点検出装置24は、供給される入力画像データを処理し、例えば市松模様の交点などの特徴点の位置を検出する。そして、この検出結果を特徴点位置格納メモリ26に供給する。通常の場合、1フレーム分の入力画像データを処理し、この中から抽出した特徴点の位置についてのデータが特徴点位置格納メモリ26に格納される。

【0022】次に、特徴点位置格納メモリ26に入力画像から求めた特徴点の位置についてのデータが、写像関数作成装置28に供給される。この写像関数作成装置28は、画像入力装置10がピンホールカメラとして動作するものと仮定し、入力されるデータから、画像入力装置10の写像関数を算出する。そして、写像関数作成装置28によって検出された写像関数はずれ検出装置30に供給される。このずれ検出装置30には、特徴点位置格納メモリ26から特徴点位置についてのデータも供給されており、写像関数を用いて得られた特徴点の基準位置と検出した特徴点の位置の比較により、両者のずれを検出する。このずれ検出装置30には、補正関数作成装置32が接続されており、この補正関数作成装置32は、供給されるずれから、写像関数によって得られたデータに対する補正用の補正関数を算出し、この補正関数を補正関数格納メモリ34に供給する。

【0023】そこで、画像データ補正装置16が、補正関数格納メモリ34に記憶されている補正関数を読み出し、これによって入力画像データを補正して出力画像データ格納メモリ18及び画像処理部22に正しい位置に

補正された画像データを供給することができる。

【0024】図2は、本実施例の補正関数算出の全体動作を示すフローチャートである。このように、本装置においては、特徴点検出装置24において、入力画像データを処理することにより特徴点を抽出する（S1）。次に、得られた特徴点のパターン上の位置を決定する（S2）。そして、パターン上の位置が決定された特徴点についてのデータ及び、撮影した構成用パターンについてのデータに基づき、写像関数の作成、写像関数によって処理して得たデータにおけるずれの検出、これらの検出値に基づくずれ解消のための補正関数の作成を行い、補正関数を決定する（S3）。

【0025】特徴点の抽出

図3に、特徴点抽出の動作を説明するためのフローチャートを示す。まず、本実施例においては、補正関数算出のために、特定の校正パターンを用意し、この校正パターンについての画像データ処理により、補正関数を算出する。そこで、この特徴点の検出は、校正パターンにおける特徴点の検出により行う。

【0026】本実施例においては、特定パターンとして図4に示すような市松模様のパターンを利用し、この市松模様のパターンの交点を特徴点とする。そこで、まず、画像データにテンプレートをあて、その値のマップを作る（S11）。ここで、テンプレートとは、図5に示すようなものであり、丸印で示す処理対象点を含む36の周辺画素についてのデータを処理しその点の値を求めるものである。この例においては、左上9つのデータ及び右下9つのデータについてはその画素についての値を加算し、右上9つのデータ及び左下9つのデータについてはその画素についてのデータを減算する。このような処理を行うことにより、市松模様の校正パターンの特徴点（交点）において、テンプレートによって処理したデータの値が最大値または最小値となる。そこで、このテンプレートを用い、1フレーム分のデータ全てについて、各点毎の値を求める。なお、ここにおいて各点についての値はその絶対値を取る。そこで、各交点が極大値を取るようになる。

【0027】次に、このようにして得られたマップから順に近傍の極大値を取り出し（S12）、その点に対してラインフィッティングによる位置の算出を行う（S13）。そして、このラインフィッティングによって算出した特徴点位置を出力する（S14）。そして、S12～S13を最後の極大点まで繰り返す（S15）。

【0028】次に、S13におけるラインフィッティングについて説明する。テンプレートを用いた処理により特徴点を算出すると、この位置は、1つの極大値の点となる。そして、上述のようなテンプレートを用いた場合には、実際の特徴点は、極大点と、この右、右下、下の3つの点で形成される正方形の中心になるはずである。しかし、実際の計測においては、校正パターンはカメラ

(画像入力装置 10) に対し直角に配置されているとは限らず、正方形の中心が正しい特徴点位置とは限らない。

【0029】そこで、本実施例においては、図 6 (A) ~ 図 6 (C) に示すように、求められた特徴点の周辺の画像データの変化状態から特徴点の座標を求める。例えば、画像データを所定の閾値により 0 または 1 に二値化し、この二値化データの変化状態より境界の直線式を求める。垂直方向の直線式は、図 6 (B) に示すように水平方向における微分値の絶対値を演算し、値の大きな点を順次求め、これらの点を通る直線の式により求めることができる。また、水平方向の直線式は、図 6 (C) に示すように垂直方向の画素毎の値を微分し、微分値の絶対値の大きな点を通る直線の式を求めることができる。そして、得られた 2 つの直線式の交点を求めることによって、特徴点座標を求めることができる。例えば、図 6 の例によれば、テンプレートから求めた特徴点の座標は (5. 5, 5. 5) であるが、上述のようにして求めた水平方向の直線は $2X + 10Y - 65 = 0$ であり、垂直方向の直線は $10X + 2Y - 69 = 0$ である。そこで、この 2 つの直線の交点は、 $(35/6 = 5. 833, 32/6 = 5. 333)$ となり、より正確な特徴点位置を求めることができる。

【0030】このようにして、単にテンプレートによって得られたデータのみから求められた特徴点の座標では求められない較正パターンの傾きなどを考慮した正確な特徴点の検出を行うことができる。

【0031】特徴点のパターン上の位置

次に、上述のようにして求められた特徴点について、撮像装置上 (画面上) の検出した位置ではなく、計算上の基準となる位置を決定するために、そのパターン上の位置 (較正パターンに対応する配列上の位置) を決定する。すなわち、図 7 に示すような手順で、特徴点のパターン上の位置を決定する。なお、画面上の座標を (X, Y)、パターン上の座標を (m, n) で表わす。

【0032】まず、得られた特徴点を画面の中心に近い順にソートする (S 61)。そして、ソートされた特徴点について、次のような論理で中心点の上下左右を決定する (S 62)。

【0033】すなわち、図 8 に示すようなフローチャートに従い、中心点の上下左右を決定する。まず、画面の中心に最も近い点である最初の点 $P_0 (X_0, Y_0)$ を取り出し、この点を $(m, n) = (0, 0) =$ 中心とする (S 21)。次に、中心にその次に近い点 $P_1 (X_1, Y_1)$ を取り出し、この点を $(m, n) = (-1, 0) =$ 左とする (S 22)。次に、その次に中心に近い点 $P_2 (X_2, Y_2)$ を取り出し (S 23)、この点が右であるか否かを判定する (S 24)。この右であるかの判定は、中心の点の座標と、左の点の座標の次のような演算により行う。

【0034】 $X_2 \sim = 2X_0 - X_1$ かつ、
 $Y_2 \sim = 2Y_0 - Y_1$

このような判定により、 $P_2 (X_2, Y_2)$ が右であった場合には、この点 $P_2 (X_2, Y_2)$ を $P_2 (1, 0) =$ 右とする (S 25)。そして、次に中心に近い点 $P_3 (X_3, Y_3)$ を $P_3 (0, -1) =$ 上とし (S 26)、その次の点 $P_4 (X_4, Y_4)$ を $(m, n) = (0, 1) =$ 下とする (S 27)。

【0035】一方、S 24 において、 $P_2 (X_2, Y_2)$ が右でなかった場合には、その点 $P_2 (X_2, Y_2)$ を $(m, n) = (0, -1) =$ 上とする (S 28)。そして、次に中心に近い点 $P_3 (X_3, Y_3)$ を取り出し (S 29)、この点が右であるか否かを判定する (S 30)。この右であるか否かの判定は、上述の場合と同様にその点 P_3 が左 P_2 及び中心 P_0 と上述の関係にあるか否かによって行う。そして、S 30 において P_3 が右であると判定された場合には、点 $P_3 (X_3, Y_3)$ を $(m, n) = (1, 0) =$ 右とし (S 31)、その次の点 $P_4 (X_4, Y_4)$ を $(m, n) = (0, 1) =$ 下とする (S 32)。

【0036】また、S 30 において点 $P_3 (X_3, Y_3)$ が右でなかった場合には、点 $P_3 (X_3, Y_3)$ を $(m, n) = (0, 1) =$ 下とし (S 33)、その次の点 $P_4 (X_4, Y_4)$ を $(m, n) = (1, 0) =$ 右とする (S 34)。

【0037】このように、最初に中心に一番近い点を左とする (S 22)。そして、次に中心に近い点 (2 番目) が、左とした点の反対側 (右側) にない場合には、その点を上とし (S 28)、その次に近い点 (3 番目) が右か否かを判定し、右でなければ、この点を下とし (S 33)、その次に近い点 (4 番目) を右とする (S 34)。一方、3 番目に近い点が右であれば、これを右とし (S 31)、4 番目に近い点を下とする (S 32)。また、2 番目に近い点が右であれば、これを右とし (S 25)、その次に近い点 (3 番目) を上とし (S 26)、4 番目を下とする (S 27)。このような処理によって、中心点の周辺の特徴点の上下左右の点のパターン上の位置を決定する。

【0038】このようにして中心点の上下左右の点のパターン上の位置が決定された時には、次に各点のパターン上の位置を決定する (S 63)。これは、次のような論理にて行う。なお、以下の説明において、添字 c は中心、r は右、l は左、上は u、下は d を示す。

【0039】すなわち、図 9 及び図 10 に示すような手順により行う。この処理は全ての特徴点について行うが、まず最初に処理しなければならない点の中から最も中心に近い点 $P_c (m, n) = (m_c, n_c)$ を取り出す (S 41)。最初のループの場合には、この点 P_c は中心 $(m, n) = (0, 0)$ となる。そして、この点 P_c を基準として、この点の左の点を次のようにして決

定する (S 4 2)。すなわち、点 P_c に対し左の点 P_l ($m, n = (m_c - 1, n_c)$) が存在せず、かつ右側の点 P_r ($m, n = (m_c + 1, n_c)$) が存在するかどうかを判定する (S 4 2 1)。この条件に該当する場合には、抽出された特徴点の中からその画面上の座標が ($2X_c - X_r, 2Y_c - Y_r$) に近い点を探す (S 4 2 2)。すなわち、最初に取り出した点 P_c と既に存在する P_r の点の画面上の座標から点 P_c の左側の点を探す。そして、この左側の点が見つかった場合には (S 4 2 3)、その点を P_l ($m, n = (m_c - 1, n_c)$) = 左とする (S 4 2 4)。また、S 4 2 1において該当するものがない場合、S 4 2 3において該当する点が見つからなかった場合には、そのまま次の S 4 3の実行に移る。

【0040】そして、この S 4 2と同様の手順に従い、 P_r ($m, n = (m_c + 1, n_c)$) = 右、 P_u ($m, n = (m_c, n_c - 1)$) = 上、 P_d ($m, n = (m_c, n_c + 1)$) = 下を決定する (S 4 3, S 4 4, S 4 5)。次に、左上の点 P_{ul} ($m, n = (m_c - 1, n_c - 1)$) を決定する (S 4 6)。このために、まず P_{ul} ($m, n = (m_c - 1, n_c - 1)$) が存在するかどうかを判定する (S 4 6 1)。そして、この点 P_{ul} が存在しない場合には、左側の点 P_l ($m, n = (m_c - 1, n_c)$) または上側の点 P_u ($m, n = (m_c, n_c - 1)$) が存在するかどうかを判定する (S 4 6 2)。そして、この2つの点 P_l 及び P_u の両方が存在し、S 4 6 2においてNOとなった場合には、特徴点の中から画面上の座標が ($X_l + X_u - 2X_c, Y_l + Y_u - 2Y_c$) に近い点を探す (S 4 6 3)。すなわち、既知の3点からその左上の点を探す。

【0041】そして、この座標にある点が見つかった場合には (S 4 6 4)、その点を P_{ul} ($m, n = (m_c - 1, n_c - 1)$) = 左上とする (S 4 6 5)。ここで、S 4 6 1において既に左上の点 P_{ul} が存在した場合、または S 4 6 4において該当する点がなかった場合においては、次の S 4 7の実行に移る。

【0042】そして、同様の手順によって P_{ul} ($m, n = (m_c - 1, n_c + 1)$) = 左下、 P_{ur} ($m, n = (m_c + 1, n_c - 1)$) = 右上、 P_{dr} ($m, n = (m_c + 1, n_c + 1)$) = 右下を決定する (S 4 7, S 4 8, S 4 9)。そして、処理対象とした点が最後の点かどうかを判定し (S 5 0)、このような処理を最後の点まで繰り返す。

【0043】このようにして、中心に近い点から順次既に決定された点との関係において、相対位置を決定していく。

【0044】このようにして、上述の論理により、各点についてパターン上の位置を決定することができ、これらについて二次元座標 (m, n) が与えられる。

【0045】上述のようにしてパターン上の位置を決定

する場合に、市松模様の交点とならない位置の点を特徴点としてはならない。そして、上述の手順によって抽出された特徴点のパターン位置を決定した場合には、位置が決定された特徴点と特定の関係にない点については、位置が決定されない。これは、特徴点として抽出はされたが、特定パターンからデータからはあつてはならない点であり、このような孤立点を除去する (S 6 4)。

【0046】このようにして、各特徴点について、画面上の位置 (X, Y) およびパターン位置 (m, n) が決定され、これが特徴点位置格納メモリ 2 6に記憶される。

【0047】補正関数の決定

上述のようにして、画像データから得られた特徴点について全てそのパターン上の位置 (m, n) を決定した場合には、これらの特徴点の位置及び特定パターンの形状から補正関数を求める。すなわち、図 1 1に示すような手順で、補正関数を決定する。まず、上述のようにして求められた相対的な位置が決定された特徴点のパターン位置 (m, n) と画面上における具体的な位置 (X, Y) とから写像関数を求める (S 5 1)。ここで、この写像関数を求めるのに、特徴点全部は利用せず、中心に近い $1/4$ の特徴点のみを用いる。これは、中心に近い点については、非線形の歪み等が少なく、原画像に近い写像関数を求めることができると考えられるからである。

【0048】次に、求められた写像関数を用い、全てのパターン上の位置が求められた特徴点について基準となる位置を算出する (S 5 2)。次に、写像関数により求められた基準位置と実際の画面上の位置 X, Y を比較し両者のずれを求め、このずれを補正するための補正関数を求める (S 5 3)。そして、その求められた補正関数を補正関数格納メモリ 3 4に出力しここに記憶する (S 5 4)。

【0049】写像関数の算出

ここで、写像関数の算出について説明する。カメラにおける実際の撮影は、理想的にはピンホールカメラによる撮影に近似できる。すなわち、図 1 2に示すように、三次元空間の一点 P からの光線は、焦点を通過して撮像面 (平面) に投影される。そして、撮像面上の像は、光電変換及びAD変換を経て入力画像データ格納メモリ 1 2に記憶される。そして、このメモリ 1 2上における位置 (X, Y) は画面上の位置となる。そして、ピンホールカメラモデルによれば、パターン上の位置 (m, n) と画面上の位置が X, Y との間には、次のような一次関数 (写像関数) の関係があることが知られている。

【0050】

$$X = (c m + d n + e) / (a m + b n + 1)$$

$$Y = (f m + g n + h) / (a m + b n + 1)$$

従って、上述のようにして抽出された多数の特徴点について、このパターン上の位置 (m, n) 及び画面上の位

置 (X, Y) を代入し、各定数 a ~ h を最小二乗法により求める。これによって、この系におけるカメラをピンホールカメラと仮定した場合の写像関数が決定される。なお、この最小二乗法については、例えば岩波書店発行「岩波講座 情報科学 18 数値計算 (昭和 57 年 1 月 8 日第 1 刷発行)」などに示されている。

【0051】そして、この写像関数を求めるために用いる特徴点は、中心から近いもののみ (全体の 4 分の 1 の特徴点) とする。これは、中心に近い部分は、ピンホールカメラと近似することが正しいと思われるからである。そこで、このような中心近くの特徴点から各係数が高い相関で求められ、精度の高い写像関数が求められる。

【0052】相対位置を基準位置に移動する

次に、上述のようにして写像関数が求められたため、抽*

$$\begin{aligned} x &= a1 X^4 + b1 X^3 Y + c1 X^2 Y^2 + d1 XY^3 + e1 Y^4 + f1 X^3 \\ &+ g1 X^2 Y + h1 XY^2 + i1 Y^3 + j1 X^2 + k1 XY + l1 Y^2 + m1 X \\ &+ n1 Y + o1 \\ y &= a2 X^4 + b2 X^3 Y + c2 X^2 Y^2 + d2 XY^3 + e2 Y^4 + f2 X^3 \\ &+ g2 X^2 Y + h2 XY^2 + i2 Y^3 + j2 X^2 + k2 XY + l2 Y^2 + m2 X \\ &+ n2 Y + o2 \end{aligned}$$

このようにして、本実施例においては、カメラをピンホールカメラとしてみなした場合の写像関数を画面の中央付近の特徴点から求め、求められた写像関数を用い画面上の全ての特徴点について基準位置 (x, y) を算出する。そして、算出された基準位置 (x, y) と、実際の画面上の位置 (X, Y) との比較により、補正関数を算出する。従って、画像の歪みをそのまま補正しようとする場合に比べ、非常に正確な補正関数を求めることができる。

【0055】また、この補正関数を補正関数格納メモリ 34 に記憶しておき、入力画像データ格納メモリ 12 から供給される画像データを補正関数を用いて補正し画像出力装置 20 に表示することによって、画像入力装置 10 がピンホールカメラとして動作した場合の位置に各特徴点が出力されることとなる。従って、各種画像を表示する場合に、ピンホールカメラによって撮像した歪みのない画像を画像出力装置 20 に出力できる。

【0056】さらに、画像入力装置 10 をピンホールカメラとして動作させることができるということは、画像処理部 22 によって画像データを処理した場合に、各画像の位置から実際の撮影された対象物の位置を正確に把握できることとなり、ステレオ画像などを用いた場合にその処理測定位置測定が正確に行えることとなる。

【0057】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、平板上に描いた校正パターンから特徴点を抽出し、画面中心付近の特徴点の画面上の位置より写像関数を作成する。そして、この写像関数を用いて特徴点の理想的位置を画面全体の特徴点について算出し、この基準位置と画

* 出された特徴点全てについてこの写像関数を用いた位置を算出する。すなわち、画像入力装置 10 がピンホールカメラであった場合には、パターン上の位置 (m, n) が決定された各特徴点が位置すべき計算上の位置は上述の写像関数によって決定される。そこで、抽出されたパターン上の位置 (m, n) が決定されたすべての特徴点について、基準的位置 (x, y) を写像関数を用いて算出する。

【0053】補正関数の算出

次に、このようにして求められた基準位置 (x, y) と実際の画面上の位置 (X, Y) を比較し、両者のずれを検出し、このずれを解消するための補正関数を求める。この補正関数は、次のような多項式を用い、各係数を最小二乗法によって決定することによって行う。

【0054】

面全体の特徴点の位置との比較から補正関数を算出する。従って、平板を正確に設置もしくは位置を正確に計測してそのパターンの位置を特定することなく計測が可能となり、また、補正関数は非常に正確なものとなり、これを用いて画像データの補正を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】実施例の全体構成を示すブロック図である。

【図 2】全体動作を説明するフローチャートである。

30 【図 3】特徴点抽出動作を説明するフローチャートである。

【図 4】市松模様の校正パターンの説明図である。

【図 5】テンプレートの構成を示す説明図である。

【図 6】ラインフィッティングの動作を説明する図である。

【図 7】特徴点の相対値を決定するための動作のフローチャートである。

【図 8】特徴点の上下左右を決定する手順を示すフローチャートである。

40 【図 9】特徴点の相対位置を決定する手順を示すフローチャートである。

【図 10】特徴点の相対位置を決定する手順を示すフローチャートである。

【図 11】補正関数決定の動作を説明するフローチャートである。

【図 12】ピンホールカメラの原理を説明する説明図である。

【符号の説明】

10 画像入力装置

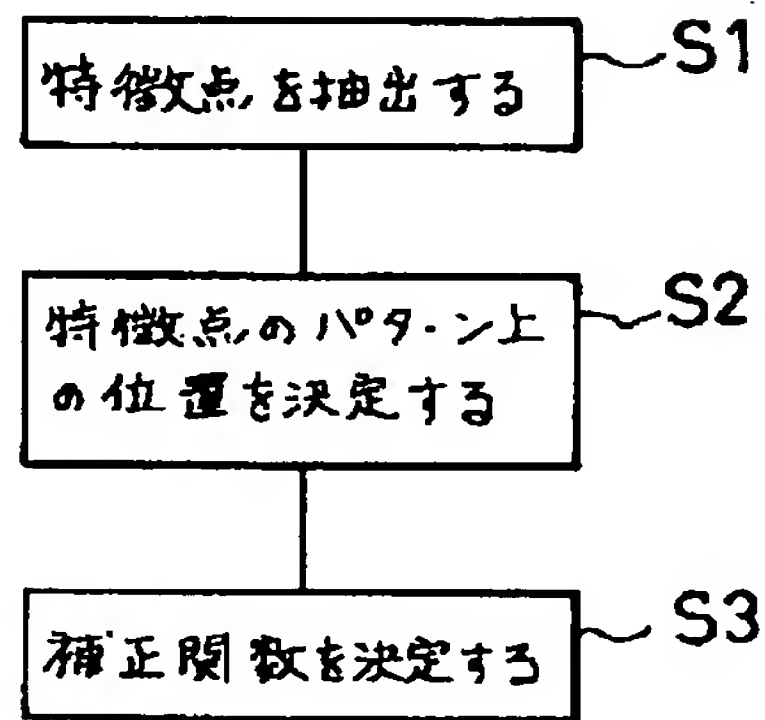
50 12 入力画像データ格納メモリ

- 15
- 16 画像データ補正装置
 18 出力画像データ格納メモリ
 20 画像出力装置
 22 画像処理部
 24 特徴点検出装置

- 16
- * 26 特徴点位置格納メモリ
 28 写像関数作成装置
 30 ずれ検出装置
 32 補正関数作成装置

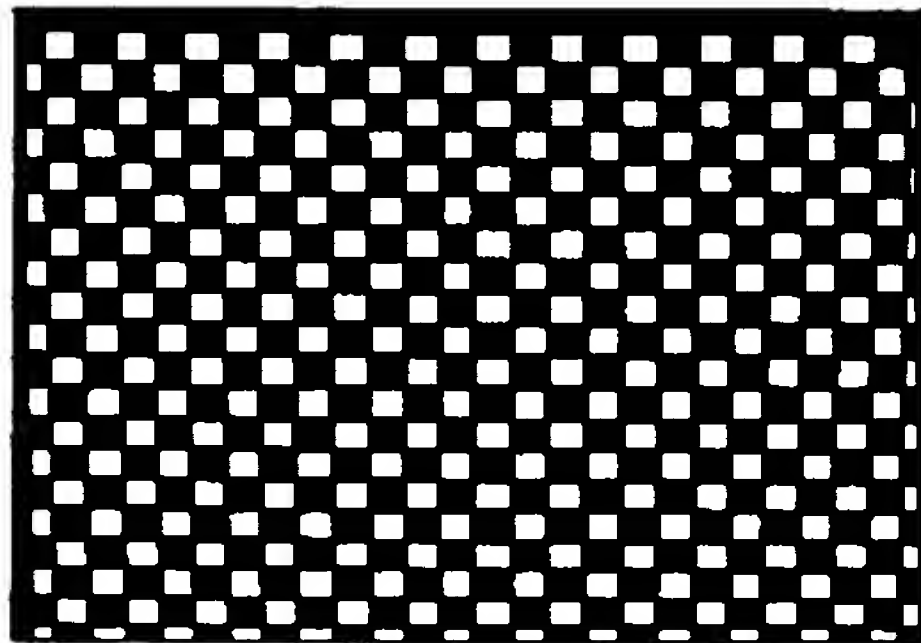
*

【図2】



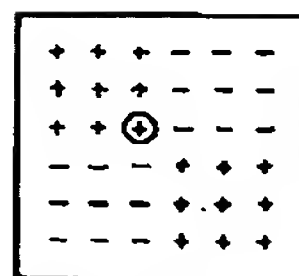
画像歪み検出

【図4】



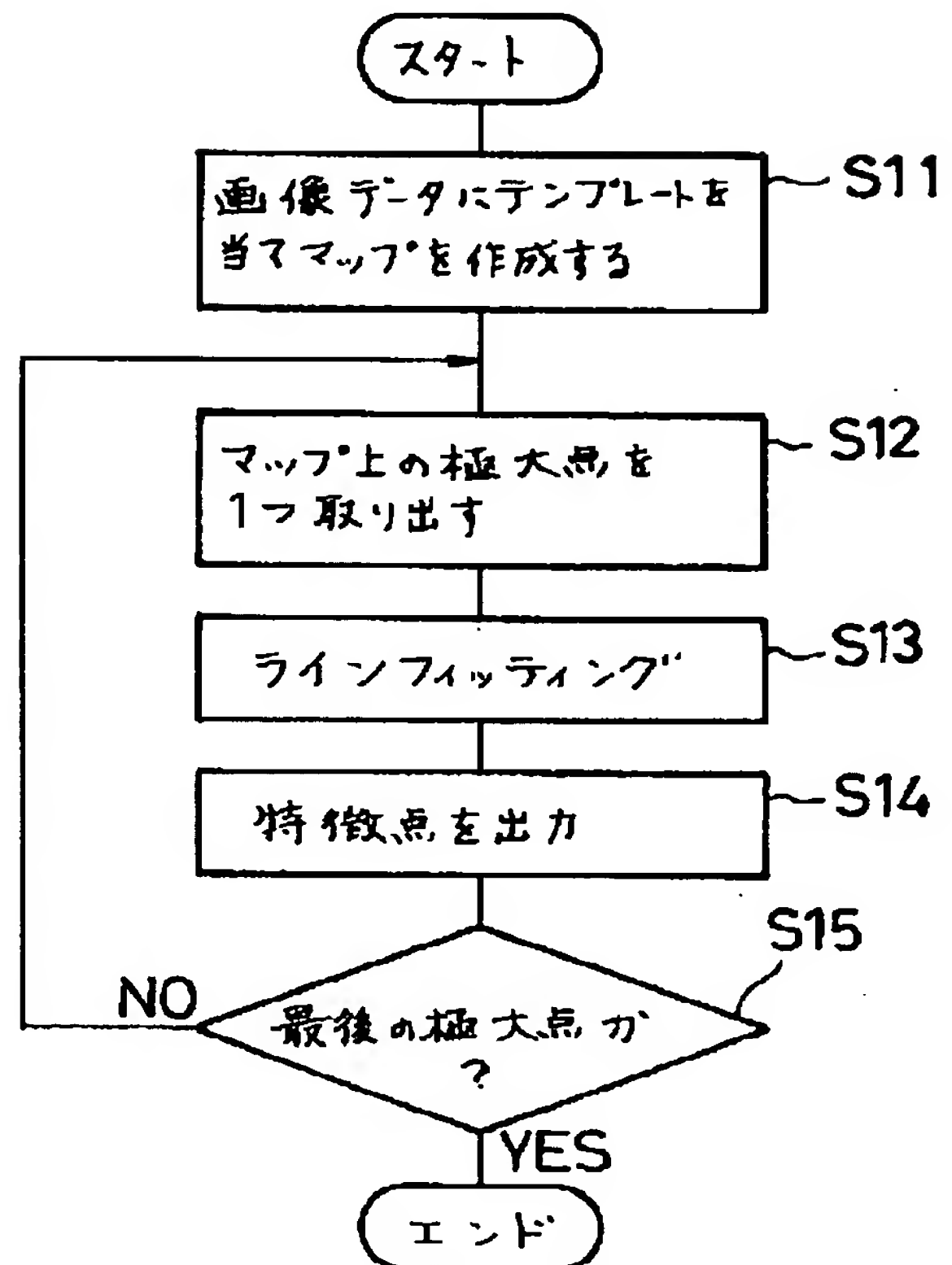
校正パターン

【図5】

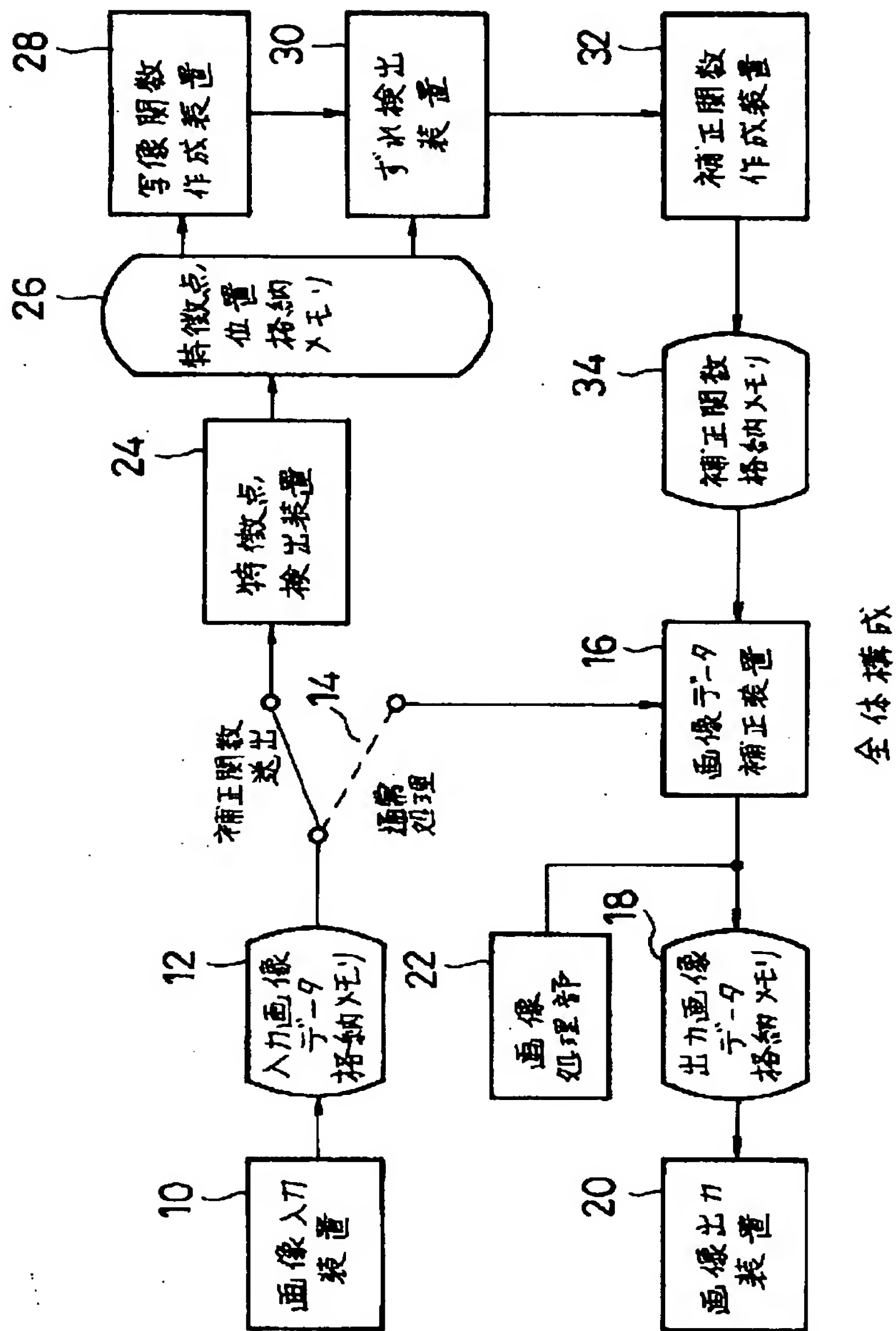


テンプレート

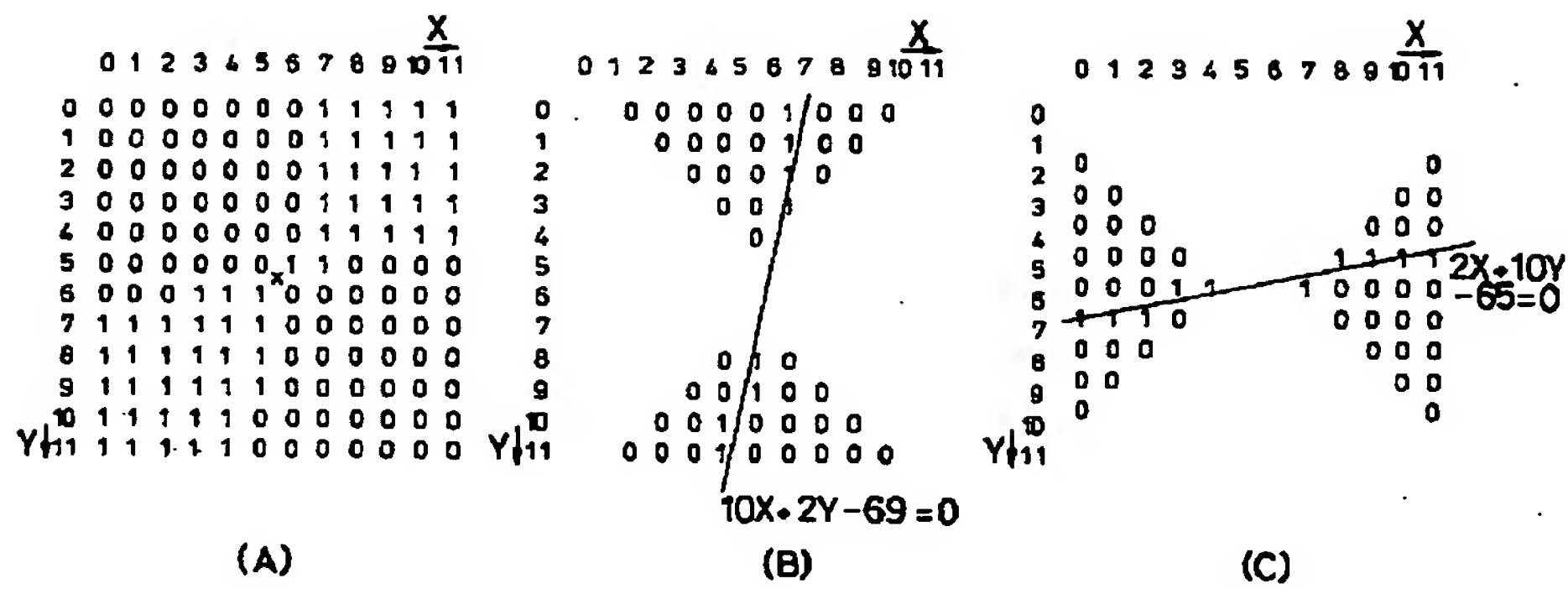
【図3】



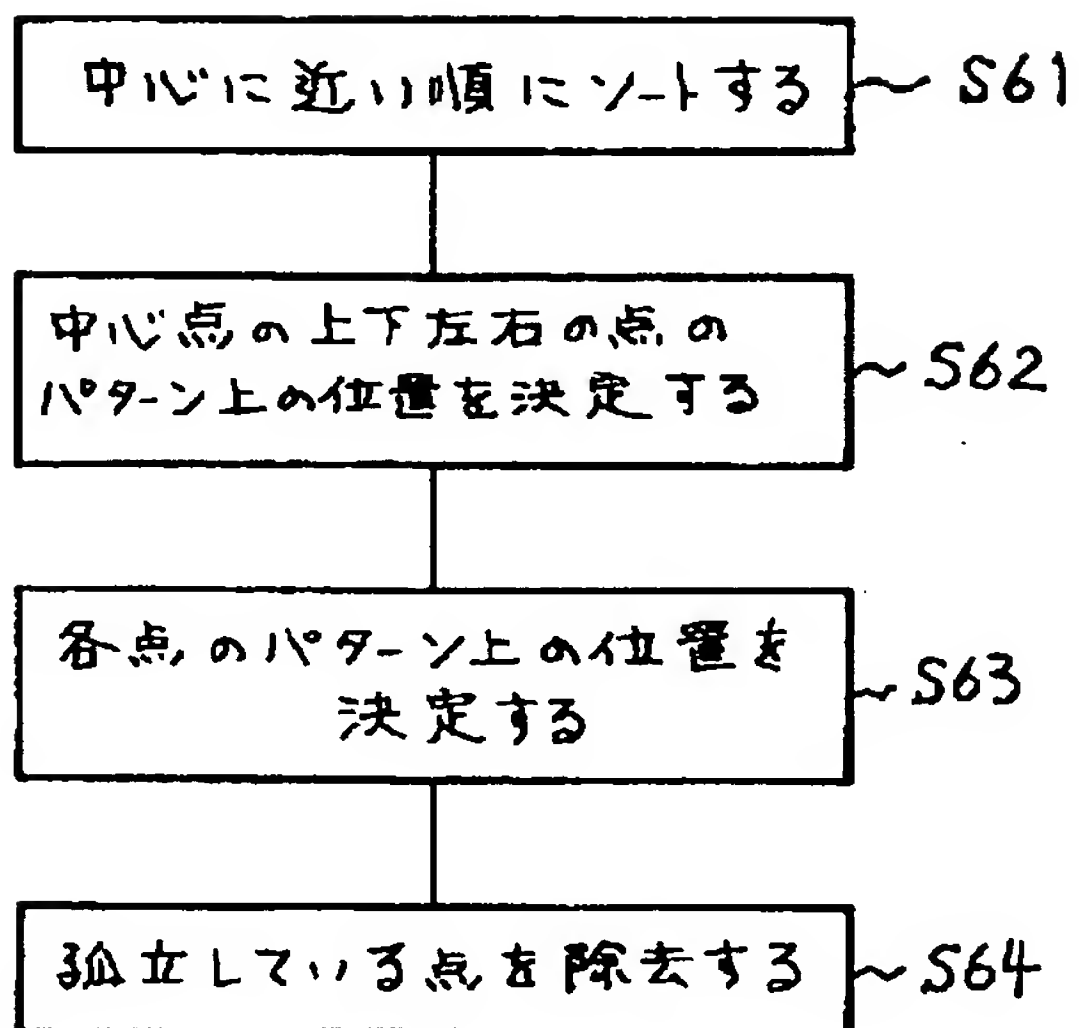
【図 1】



【図 6】

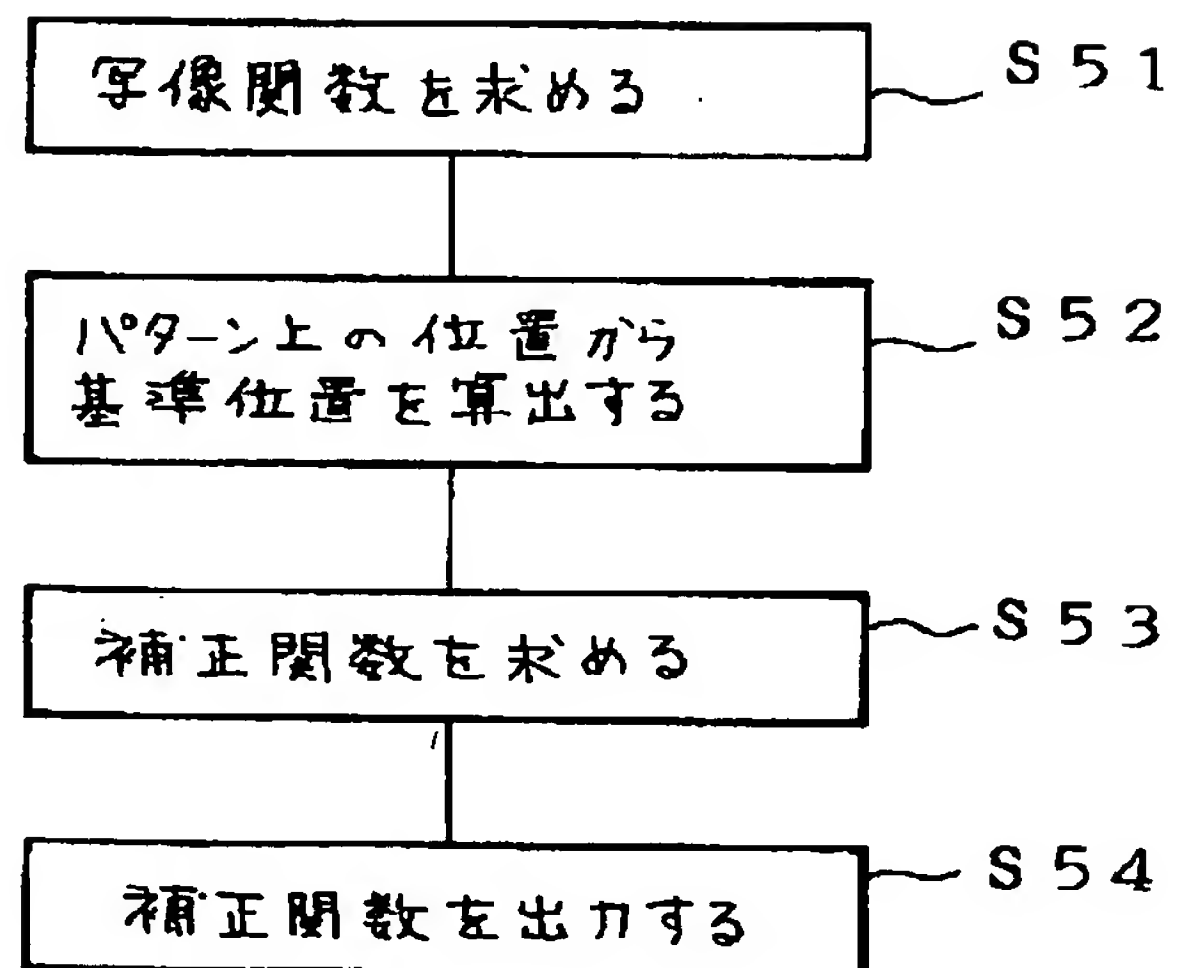


【図 7】



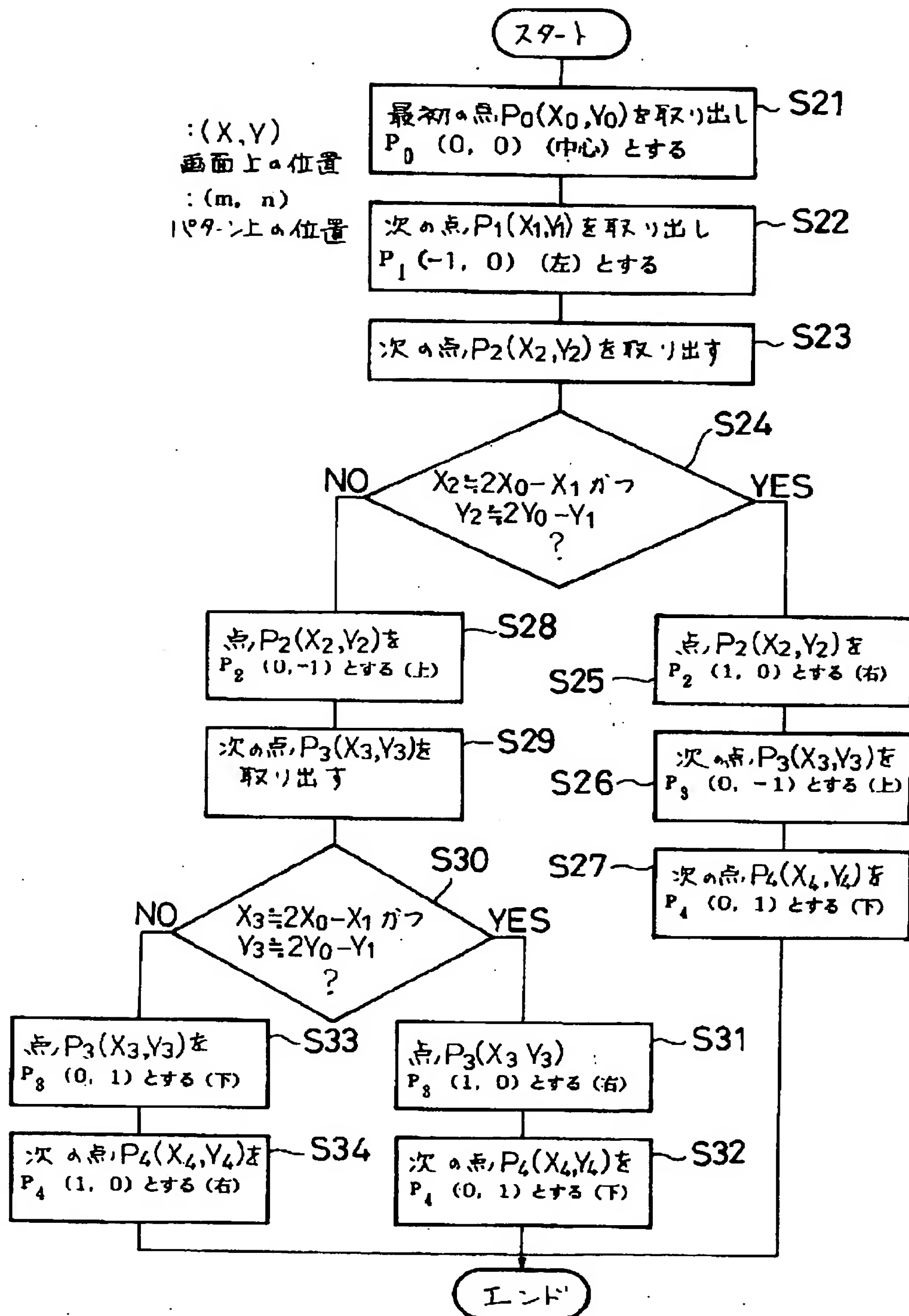
相対位置の決定

【図 11】

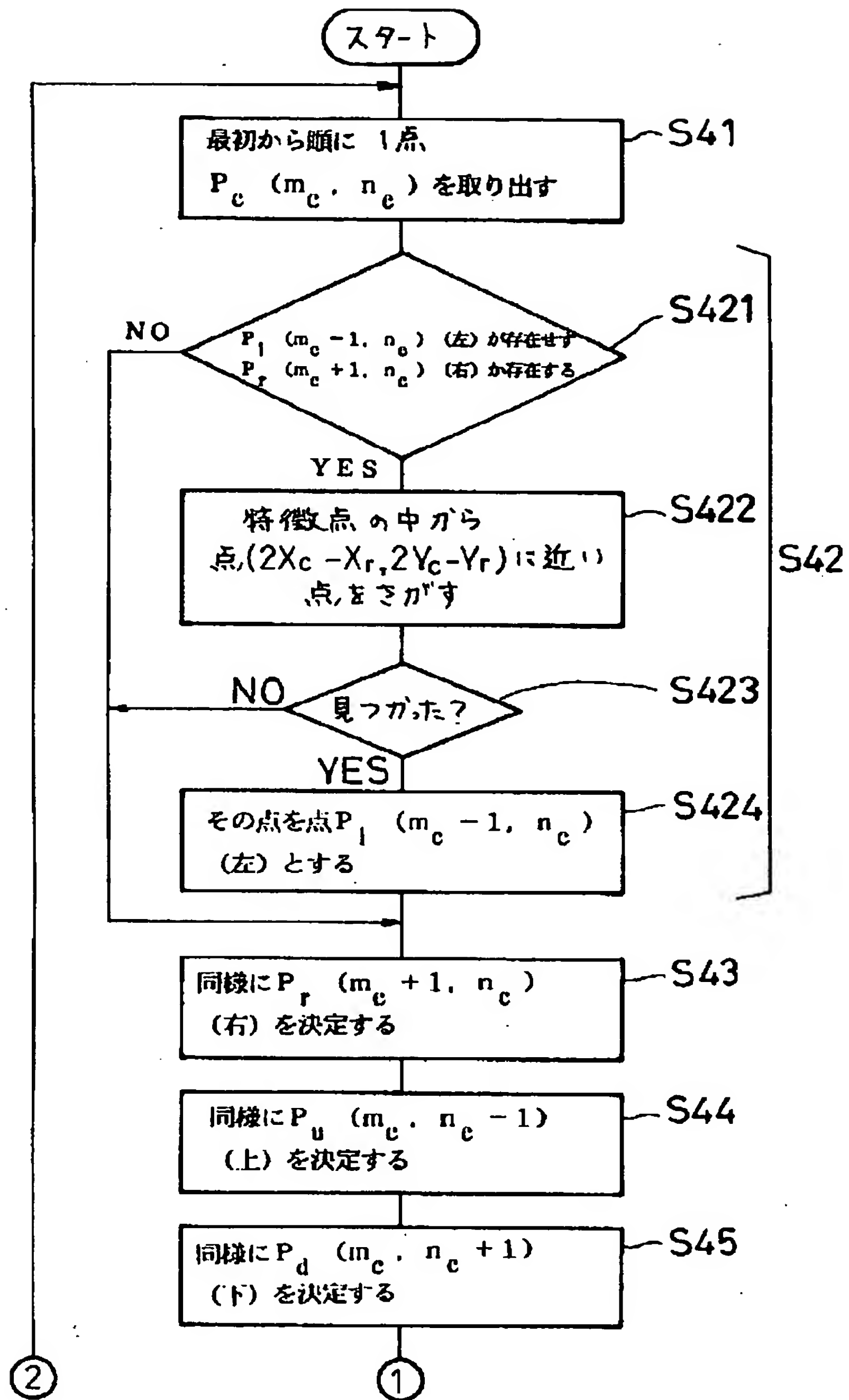


補正関数の決定

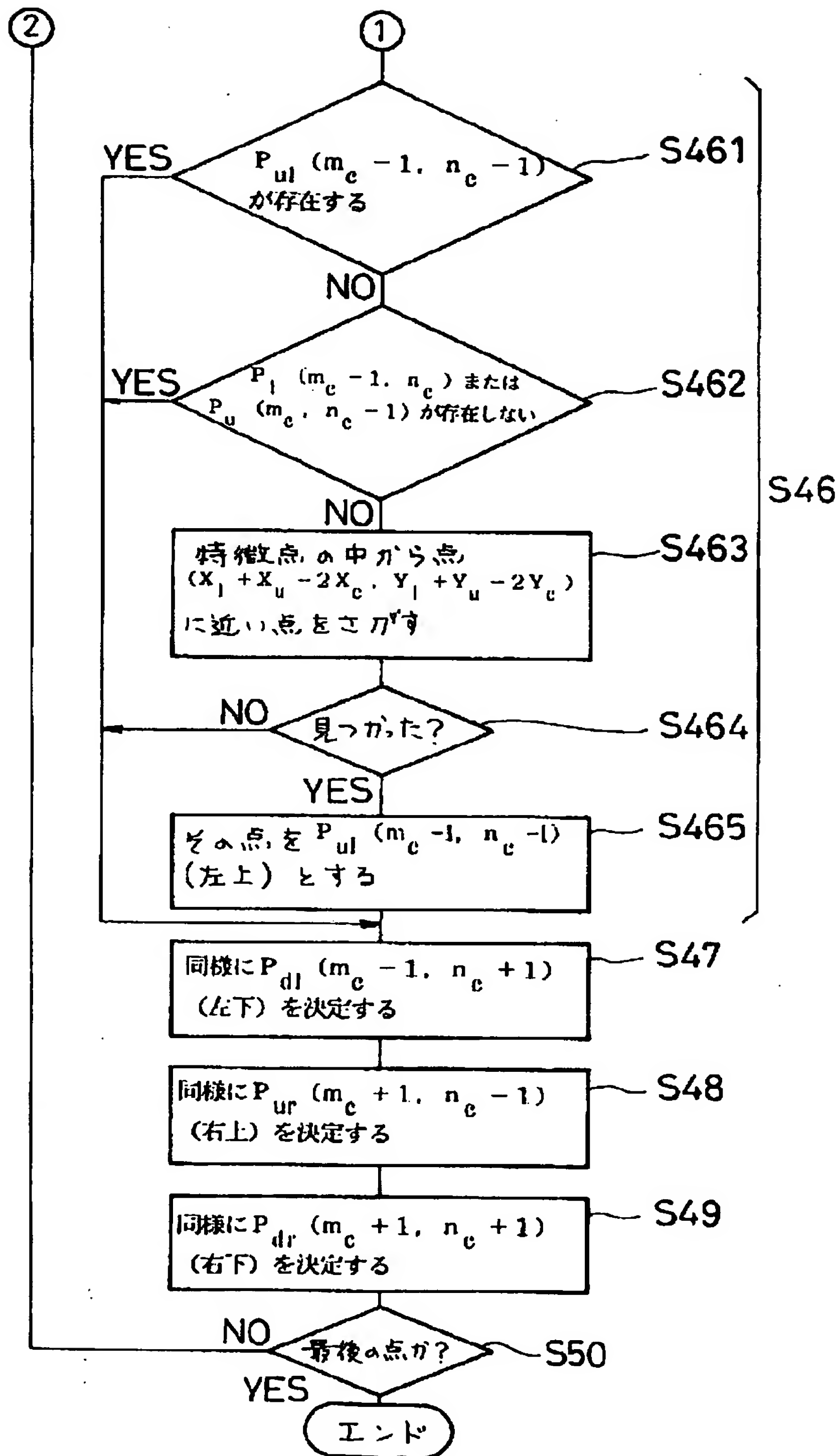
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【図 1 2】

